

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

J2

(11)Publication number : 2000-356720

(43)Date of publication of application : 26.12.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/12
C08G 65/18
G02B 6/13

(21)Application number : 11-169842

(71)Applicant : SONY CORP.
SONY CHEM CORP

(22)Date of filing : 16.06.1999

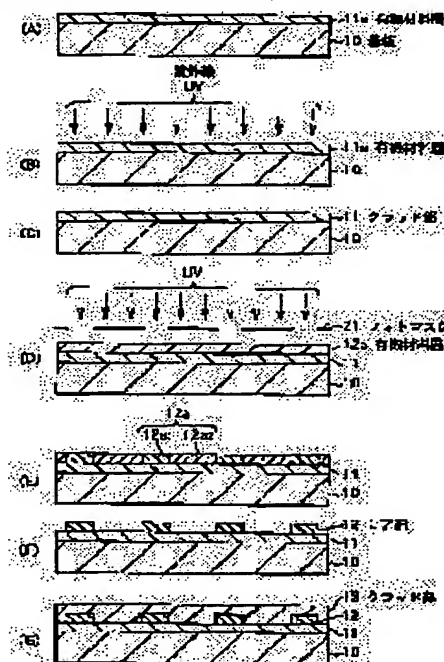
(72)Inventor : OGAWA TAKESHI
HAYASHI KOZABURO
IKAGAWA YASUKO

(54) MATERIAL FOR OPTICAL WAVEGUIDE, OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a material for optical waveguide having high polymerizability and excellent solvent resistance, and to provide an optical waveguide utilizing it and a method for manufacturing it.

SOLUTION: Materials for optical waveguide constituting organic material layers 11a, 12a are activated and converted into a cladding part 11 and a core part 12 respectively when the materials are irradiated with energy beam. The materials for an optical waveguide contain an oxetane compound, an oxirane compound and a cation polymerization initiator. Because the oxetane compound has an oxetane ring, it has an excellent repetitive reactivity in a chain reaction. Thereby the materials exhibit high polymerizability in a chain reaction so as to produce polymers with large mechanical strength and excellent solvent resistance. Refractive indices of the core part 12 and the cladding parts 11, 13 are controlled because an oxetane compound and an oxirane compound are excellently compatible with each other and refractive indices of respective compounds are reflected in the refractive index of a hardened mixture.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

16

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-356720

(P2000-356720A)

(43) 公開日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

N 2 H 0 4 7

C 0 8 G 65/18

C 0 8 G 65/18

4 J 0 0 5

G 0 2 B 6/13

G 0 2 B 6/12

M

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平11-169842

(22) 出願日

平成11年6月16日 (1999. 6. 16)

(71) 出願人

000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(71) 出願人

000108410

ソニーケミカル株式会社

東京都中央区日本橋室町1丁目6番3号

(72) 発明者

小川 剛

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人

100098785

弁理士 藤島 洋一郎

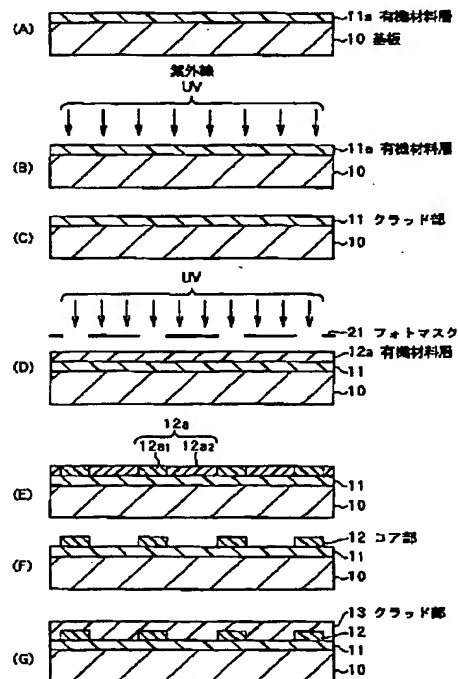
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路用材料並びに光導波路およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 重合性が高く、耐溶剤性に優れた光導波路用材料、並びにそれを用いた光導波路およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 有機材料層11a、12aを構成する光導波路用材料は、エネルギービームが照射されると、活性化してそれぞれクラッド部11およびコア部12となる。光導波路用材料は、オキセタン化合物、オキシラン化合物およびカチオン重合開始剤を含んでいる。オキセタン化合物は、オキセタン環を有しているため、連鎖反応における繰返し反応性に優れている。そのため、この材料は連鎖反応時の重合性が高く、機械的強度の大きな、耐溶剤性に優れたポリマが生成される。オキセタン化合物とオキシラン化合物とは相溶性に優れており、各化合物の屈折率が混合物の硬化後の屈折率に反映されるために、コア部12およびクラッド部11、13の屈折率を制御することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部を光信号が伝搬し得る光導波路を形成するための材料であって、
オキセタン環を有する第1の化合物と、
連鎖反応による重合を開始させ得る第2の化合物とを含むことを特徴とする光導波路用材料。

【請求項2】 前記第1の化合物を、10重量%以上70重量%以下の範囲内の割合で含むことを特徴とする請求項1記載の光導波路用材料。

【請求項3】 更に、オキシラン環を有する第3の化合物を含むことを特徴とする請求項1記載の光導波路用材料。

【請求項4】 前記第3の化合物に対する前記第1の化合物の重量比（第1の化合物の重量／第3の化合物の重量）が、 $1/9$ 以上 $7/3$ 以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項3記載の光導波路用材料。

【請求項5】 前記第1の化合物が、ジ[1-エチル（3-オキセタニル）]メチルエーテルであることを特徴とする請求項1記載の光導波路用材料。

【請求項6】 前記第1の化合物が、フェノールノボラックオキセタンであることを特徴とする請求項1記載の光導波路用材料。

【請求項7】 25℃におけるナトリウムのD線に対する前記第1の化合物の屈折率が、1.45以上1.58以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項1記載の光導波路用材料。

【請求項8】 25℃におけるナトリウムのD線に対する前記第3の化合物の屈折率が、1.45以上1.58以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項3記載の光導波路用材料。

【請求項9】 25℃におけるナトリウムのD線に対する前記第1の化合物および前記第3の化合物の屈折率が、1.45以上1.58以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項3記載の光導波路用材料。

【請求項10】 内部を光信号が伝搬し得る光導波路であって、
オキセタン環を有する第1の化合物と、連鎖反応による重合を開始させ得る第2の化合物とを含む光導波路用材料を用いて形成されていることを特徴とする光導波路。

【請求項11】 前記光導波路用材料は、前記第1の化合物を10重量%以上70重量%以下の範囲内の割合で含むことを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【請求項12】 前記光導波路用材料は、更に、オキシラン環を有する第3の化合物を含むことを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【請求項13】 前記光導波路用材料は、前記第3の化合物に対する前記第1の化合物の重量比（第1の化合物の重量／第3の化合物の重量）が、 $1/9$ 以上 $7/3$ 以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項12記載の光導波路。

【請求項14】 25℃におけるナトリウムのD線に対する屈折率が、1.45以上1.61以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【請求項15】 前記第1の化合物が、ジ[1-エチル（3-オキセタニル）]メチルエーテルであることを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【請求項16】 前記第1の化合物が、フェノールノボラックオキセタンであることを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【請求項17】 コア部およびクラッド部を有すると共に、前記コア部または前記クラッド部の少なくとも一方が前記光導波路用材料を含有することを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【請求項18】 内部を光信号が伝搬し得る光導波路の製造方法であって、
支持基体上に、オキセタン環を有する第1の化合物と、連鎖反応による重合を開始させ得る第2の化合物とを含む光導波路用材料を用いて、有機材料層を形成する工程と、

前記有機材料層に対してエネルギービームを選択的に照射することにより、この有機材料層を選択的に露光して硬化させる工程と、
前記有機材料層の未硬化部分を除去する現像処理により、光導波路を形成する工程とを含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項19】 前記光導波路用材料は、更に、オキシラン環を有する第3の化合物を含むことを特徴とする請求項18記載の光導波路の製造方法。

【請求項20】 前記光導波路を形成する工程において、有機性の現像液を用いて前記有機材料層の未硬化部分を除去することを特徴とする請求項18記載の光導波路の製造方法。

【請求項21】 前記現像液は、アセトンを含むことを特徴とする請求項20記載の光導波路の製造方法。

【請求項22】 前記光導波路を形成する工程は、
リンス液を用いて、前記光導波路を洗浄する工程を含むことを特徴する請求項18記載の光導波路の製造方法。

【請求項23】 前記光導波路を洗浄する工程において、有機性のリンス液を用いることを特徴とする請求項22記載の光導波路の製造方法。

【請求項24】 前記リンス液は、イソプロピルアルコールを含むことを特徴する請求項23記載の光導波路の製造方法。

【請求項25】 前記有機材料層を露光する工程において、プロキシミティ露光法あるいは投影露光法を用いることを特徴とする請求項18記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内部を光信号が伝

搬し得る光導波路を形成するための材料、並びにそれを用いた光導波路およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 IC (Integrated circuit; 集積回路) や LSI (Large Scale Integration; 大規模集積回路) における技術の進歩により、それらの動作速度や集積規模が向上し、例えばマイクロプロセッサの高性能化やメモリチップの大容量化が急速に達成されている。従来、機器内のボード間、あるいはボード内のチップ間など比較的短距離間の情報伝達は、主に、電気信号により行われてきた。今後、集積回路の性能を更に向上させるためには、信号の高速化や信号配線の高密度化が必要となるが、電気信号配線においては、それら高速化および高密度化が困難であると共に、配線の CR (C: 配線の静電容量、R: 配線の抵抗) 時定数による信号遅延が問題となってしまう。また、電気信号の高速化や電気信号配線の高密度化は、EMI (Electromagnetic Interference) ノイズの原因となるため、その対策も不可欠となる。

【0003】そこで、これらの問題を解消するものとして、光配線 (光インターコネクション) が注目されている。光配線は、機器間、機器内のボード間、あるいはボード内のチップ間など種々の箇所に適用可能であると考えられている。中でも、チップ間のような短距離間の信号の伝送には、チップが搭載されている基板上に光導波路を形成し、これを伝送路とした光伝送・通信システムを構築することが好適であると考えられる。

【0004】従来、この種の光導波路の材料としては、石英などの無機ガラス材料が用いられていた。しかしながら、無機ガラス材料を用いて光導波路を形成する場合には、高温による熱処理を行う必要があるため、半導体基板やプラスチック基板等の高温下において熱処理を行うことが困難な基板上に、光導波路を形成することはできなかった。

【0005】一方、近年、高分子材料を用いた光導波路が提案され (特開平 7-56030 号公報および特開平 7-159630 号公報参照)、実用化されつつある。高分子材料は、無機材料と比較して加工が容易であり、大面積化やフィルム化を容易に行うことができる。また、フレキシブル (可撓性を有する) であるため用途が広いこと、屈折率の調整が容易であること等の種々の利点を有する。中でも、紫外線硬化型の樹脂は、安価であり、大量生産を行うことが可能な材料であるために、光導波路用の材料として期待されている。このような紫外線硬化型の樹脂としては、エポキシ樹脂が広く知られている。

【0006】エポキシ樹脂を用いた光導波路は、一般に、支持基体上に樹脂を塗布し、樹脂を選択露光したのち、樹脂の未硬化部分をウェットエッチングする現像処理を行うことにより形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、エポキシ樹脂の重合性は低いため、エポキシ樹脂を用いて光導波路を形成する場合には、樹脂を硬化させる際に多量のエネルギーが必要であり、生産効率が悪くなってしまうという問題があった。

【0008】また、エポキシ樹脂は耐溶剤性に劣っているため、樹脂の未硬化部分をウェットエッチングする際に硬化部分も同時に溶解してしまい、所望の形状の光導波路を形成することができないという問題もあった。

【0009】なお、特許第 2679586 号公報において、分子中に 2 個以上のオキセタン環を有する化合物と、分子中に 1 個以上のオキシラン環を有する化合物と、カチオン重合開始剤とからなる活性エネルギー線硬化型組成物が開示されている。しかしながら、この組成物を光導波路の形成材料として用い得るかについては何ら記載がない。また、仮に用い得るとしても、どのような条件下において使用可能であるかについては全く明らかにされていない。

【0010】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、重合性が高く、耐溶剤性に優れた光導波路用材料、並びにそれを用いた光導波路およびその製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】 本発明による光導波路用材料は、内部を光信号が伝搬し得る光導波路を形成するための材料であって、オキセタン環を有する第 1 の化合物と、連鎖反応による重合を開始させ得る第 2 の化合物とを含むように構成したものである。

【0012】本発明による光導波路は、内部を光信号が伝搬し得る光導波路であって、オキセタン環を有する第 1 の化合物と、連鎖反応による重合を開始させ得る第 2 の化合物とを含む光導波路用材料を用いて形成されるようにしたものである。

【0013】本発明による光導波路の製造方法は、内部を光信号が伝搬し得る光導波路の製造方法であって、支持基体上に、オキセタン環を有する第 1 の化合物と、連鎖反応による重合を開始させ得る第 2 の化合物とを含む光導波路用材料を用いて、その一部が光導波路となる有機材料層を形成する工程と、有機材料層に対してエネルギービームを選択的に照射することにより、この有機材料層を選択的に露光して硬化させる工程と、有機材料層の未硬化部分を除去する現像処理により、光導波路を形成する工程とを含むようにしたものである。

【0014】本発明による光導波路用材料では、オキセタン環を有する第 1 の化合物を含んでいるので、重合性が高く、耐溶剤性に優れている。

【0015】本発明による光導波路では、一端面に光信号が入射すると、この光信号は内部を伝搬し、他端面から出射する。ここでは、本発明の光導波路用材料を含有

しているので、優れた耐溶剤性を示す。

【0016】本発明による光導波路の製造方法では、本発明の光導波路用材料を用いて形成された有機材料層に対してエネルギービームが選択的に露光されて、有機材料層の露光部分が硬化する。そのうち、現像処理により有機材料層の未硬化部分が除去され、光導波路が形成される。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0018】まず、本発明の一実施の形態に係る光導波路用材料について説明する。本実施の形態に係る光導波路用材料は、例えば25℃におけるナトリウムのD線に対する屈折率が1.45～1.61の範囲内の値である光導波路のコア部またはクラッド部を形成するために用いられるものであり、エネルギービームが照射されると、活性化して硬化する。この光導波路用材料は、化1に示した構造のオキセタン環を有するオキセタン化合物、化2に示した構造のオキシラン環を有するオキシラン化合物、および連鎖反応による重合を開始させ得るカチオン重合開始剤を含んでいる。

【0019】

【化1】



【0020】

【化2】



【0021】ここで、オキセタン化合物が本発明の「第1の化合物」の一具体例に対応しており、オキシラン化合物が本発明の「第3の化合物」の一具体例に対応している。また、カチオン重合開始剤が本発明の「第2の化合物」の一具体例に対応している。

【0022】オキセタン化合物中のオキセタン環は、そのひずみがオキシラン環のひずみよりも小さいという特徴を有している。そのため、オキセタン環では、オキシラン環よりも酸素(O)に対して電子が集まりやすく、酸素と結合している炭素(C)の電子密度が小さい。従って、この炭素は、求核試薬による攻撃を受けやすい。すなわちオキセタン化合物では、成長末端(活性末端)に対してモノマが付加しやすい。

【0023】一方で、上述したオキセタン化合物の特徴は、オキセタン環の開環反応の開始を遅らせる原因ともなっている。すなわち、環のひずみエネルギーが小さいために、水素イオン(H⁺)のようなカチオン(触媒)

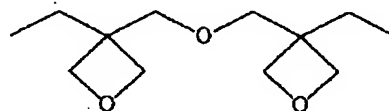
による攻撃を受けた場合に、触媒1分子のみとの反応(以下、1分子反応という。)では開環しない。従って、光導波路の生産効率を向上させるためには、オキセタン化合物と連鎖反応において活性種が速やかに生成される化合物とを混在させることが好ましい。

【0024】オキセタン化合物の硬化前の屈折率は、25℃におけるナトリウムのD線に対して1.45～1.58の範囲内であることが好ましい。1.45より小さい場合には、化合物中にフッ素(F)が含まれていることが多く、オキシラン化合物との相溶性が低下するという不都合が生じ、1.58より大きい場合には、臭素(Br)や硫黄(S)が含まれていることが多く、オキシラン化合物との相溶性が低下するという不都合が生じるからである。特に、コア部の形成に用いる場合には、1.50～1.58の範囲内であることが好ましい。また、クラッド部の形成に用いる場合には、1.5未満であることが好ましく、更に好ましくは1.45～1.48の範囲内である。コア部用の材料とクラッド部用の材料との屈折率差が、シングルモードの場合には0.001程度以上、マルチモードの場合には0.01～0.1程度以上であれば、光伝播特性に優れた光導波路を形成することができるからである。

【0025】このようなオキセタン化合物の具体的な例としては、例えば、化3に示したジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテル(室温で液体)、化4に示した1,4-ビス{[(3-エチル-3-オキセタニル)メトキシ]メチル}ベンゼンとジ[4-(1-エチル-3-オキセタニルメトキシ)メチル]ベンジルエーテルとの混合物(以下、キシレンジオキセタンともいう。)(室温で液体)、化5に示したフェノールノボラックオキセタン(室温で固体)、および化6に示したオキセタニルシルセスキオキセタン(室温で液体)が挙げられる。オキセタン化合物には、これらの1種よりなるものを用いてもよいし、2種以上が混合されたものを用いてもよい。中でも、後述する光導波路用材料よりなる有機材料層を現像処理する際の有機材料層の耐溶剤性を高める観点から、オキセタン化合物としては、ジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテルが特に好ましい。なお、オキセタン化合物は、モノマであってもよいし、ポリマ(オリゴマを含む)であってもよい。

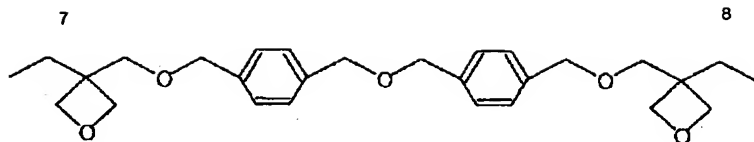
【0026】

【化3】



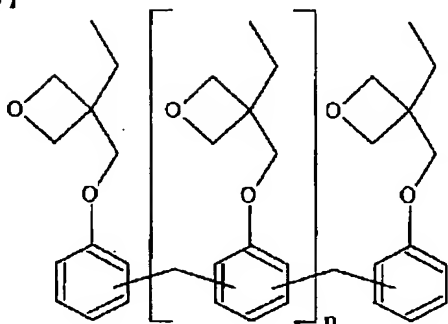
【0027】

【化4】



【0028】

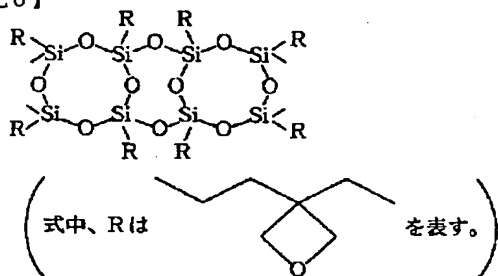
【化5】



(式中、nは0を含む整数であり、その平均は約4である。)

【0029】

【化6】



【0030】光導波路用材料におけるオキセタン化合物の配合比は、10～70重量%の範囲内であることが好ましい。配合比が10重量%よりも小さい場合には、材料が硬化しにくくなると共に耐溶剤性が悪くなるという不都合が生じ、70重量%よりも大きい場合には、材料が硬化しにくくなるという不都合が生じるからである。

【0031】特に、光導波路のコア部を形成するために用いる場合には、25℃におけるナトリウムのD線に対して屈折率（以下、単に屈折率ともいう。）が1.5未満のオキセタン化合物を50重量%よりも少なく含むと共に、屈折率が1.5以上のオキセタン化合物を25重量%以上含むことが好ましい。屈折率が1.5未満のものを10～30重量%含む、屈折率が1.5以上のものを40～60重量%含むことが更に好ましい。クラッド部との屈折率の差が安定して得られるからである。

【0032】また、コア部よりも屈折率が小さい光導波路のクラッド部を形成するために用いる場合には、屈折率が1.5未満のオキセタン化合物を30重量%よりも多く含む、屈折率が1.5以上のオキセタン化合物を含まないことが好ましい。屈折率が1.5未満のオキシラ

ン化合物を40重量%よりも多く含むことが更に好ましい。コア部との屈折率の差が安定して得られるからである。

【0033】オキシラン化合物は、既に述べたように、オキセタン環よりもひずみの大きいオキシラン環を有しているため、カチオンによる攻撃を受けた場合に1分子反応により開環して、活性種を生成する。よって、オキセタン化合物と共に光導波路用材料を構成する化合物として好適である。

【0034】オキシラン化合物の硬化前の屈折率は、

1.45～1.58の範囲内であることが好ましい。

1.45よりも小さい場合には、化合物中にフッ素が含まれていることが多く、オキセタン化合物との相溶性が低下するという不都合が生じ、1.58よりも大きい場合には、臭素や硫黄が含まれていることが多く、オキセタン化合物との相溶性が低下するという不都合が生じるからである。特に、コア部の形成に用いる場合には、1.50～1.58の範囲内であることが好ましい。また、クラッド部の形成に用いる場合には、1.5未満であることが好ましく、更に好ましくは1.45～1.48の範囲内である。

【0035】このようなオキシラン化合物には、通常エポキシ樹脂として用いられている種々のものがある。具体例としては、2つ以上の官能基を有する脂肪族環状エポキシ樹脂（室温で固体あるいは液体）、ビスフェノールA型エポキシ樹脂あるいはビスフェノールF型エポキシ樹脂などのグリシジル型エポキシ樹脂（室温で液体）や、リモネンジオキサイド（室温で液体）が挙げられる。オキシラン化合物には、これらのうちの1種よりなるものを用いてもよいし、2種以上が混合されたものを用いてもよい。また、オキシラン化合物は、モノマであってもよいし、ポリマ（オリゴマを含む）であってもよい。

【0036】光導波路用材料におけるオキシラン化合物とオキセタン化合物との配合比は、オキシラン化合物/オキセタン化合物=1/9～7/3の範囲内であることが好ましい。また、3/7～7/3の範囲内であることがより好ましい。1/9よりも小さい場合には、材料が硬化しにくくなると共に耐溶剤性が悪くなるという不都合が生じ、7/3よりも大きい場合には、材料が硬化しにくくなるという不都合が生じるからである。

【0037】特に、光導波路のコア部を形成するために用いる場合には、屈折率が1.5未満のオキシラン化合物を50重量%よりも少なく含むと共に、屈折率が1.5以上のオキシラン化合物を10重量%以上含むことが好ましい。屈折率が1.5未満のものを10～30重量

%含み、屈折率が1.5以上のものを30~70重量%含むことが更に好ましい。クラッド部との屈折率の差が安定して得られるからである。

【0038】また、光導波路のクラッド部を形成するために用いる場合には、屈折率が1.5未満のオキシラン化合物を25重量%よりも多く含み、屈折率が1.5以上のオキシラン化合物を含まないことが好ましい。屈折率が1.5未満のオキシラン化合物を60重量%以上含むことが更に好ましい。コア部との屈折率の差が安定して得られるからである。

【0039】カチオン重合開始剤は、オキセタン化合物およびオキシラン化合物などの連鎖反応を開始させるためのものであり、光導波路用材料における配合比は、0.5~5重量%の範囲内であることが好ましい。また、1~3重量%の範囲内であることがより好ましい。配合比が0.5重量%より小さい場合には、連鎖反応が十分に進行しないため材料が硬化しにくくなると共に耐溶剤性が悪くなるという不都合が生じ、5重量%より大きい場合には、材料の表層部分のみで連鎖反応が起きてしまうために内部において反応が進行しなくなるという不都合が生じるからである。

【0040】カチオン重合開始剤の例としては、芳香族ヨードニウム塩および芳香族スルホニウム塩等の従来公知のカチオン重合開始剤が挙げられる。中でも、連鎖反応を十分に進行させるという観点からは、芳香族スルホニウム塩を用いることが好ましい。

【0041】このような構成を有する光導波路用材料は、例えばオキセタン化合物、オキシラン化合物およびカチオン重合開始剤を所定の重量比で配合し、例えば90℃で2時間加熱することにより調製することができる。なお、他の成分として、密着性を付与するためのカップリング剤や、表面平滑性を付与するためのレベリング剤を含ませることも可能である。

【0042】次に、上述した光導波路用材料を用いた光導波路の製造方法について、図1を参照して説明する。本実施の形態に係る光導波路は、本実施の形態の光導波路の製造方法によって具現化されているので、以下併せて説明する。

【0043】まず、図1(A)に示したように、例えばシリコンよりなる基板10上に、上述した光導波路クラッド部用材料を硬化後の厚さが例えば30 μ m程度となるように塗布して有機材料層11aを形成する。ここでは、例えば、ジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテル(東亜合成社製;品名DOX)22重量部、オキセタニルシルセスキオキセタン(東亜合成社製;品名OXSQ)13重量部、多官能脂肪族環状エポキシ樹脂(ダイセル化学社製;品名EHPE3150)35重量部、および二官能脂肪族環状エポキシ樹脂(ダイセル化学社製;品名セロキサイド2021P)30重量部を混合し、90℃で2時間加熱したのち、カチオン重合開始剤としての4

ー4'ビス[ジ(βヒドロキシエトキシ)フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド-ビス-ヘキサフルオロアンチモネート(旭電化社製;品名SP170)を2重量部配合した材料を用いる。

【0044】次に、図1(B)に示したように、有機材料層11aに対して、例えば、超高压水銀ランプを用いて25mW/cm²の出力で60秒間紫外線UVを全面的に照射することにより、光導波路クラッド部用材料を硬化させる。これにより、図1(C)に示したように、屈折率が1.51程度の光導波路のクラッド部11が形成される。なお、有機材料層11aを完全に硬化させると、屈折率は、例えば0.025程度大きくなる。

【0045】ここでは、まず、オキシラン化合物が1分子反応により開環して連鎖反応を開始し、そのあとにオキセタン化合物が開環して連鎖反応を開始する。そのうち、オキセタン化合物では、既に述べたように反応性に優れているため、繰返し反応が迅速に進行する。従って、露光エネルギーが小さくても光導波路クラッド部用材料は十分に硬化する。また、オキセタン化合物の繰返し反応は、十分に進行するので、光導波路クラッド部用材料の架橋密度を高めることができ、クラッド部11の機械的強度が向上する。

【0046】次に、図1(D)に示したように、クラッド部11上に、キシレンジオキセタン(東亜合成社製;品名XD0)10重量部、フェノールノボラックオキセタン(東亜合成社製)20重量部、二官能脂肪族環状エポキシ樹脂30重量部、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とビスフェノールF型エポキシ樹脂との混合物(混合比約1:1)(東都化成社製;品名エポトートZX1059)20重量部、およびビスフェノールA型エポキシ樹脂(油化シェル社製;品名エビコート828)20重量部を混合し、90℃で2時間加熱したのち、カチオン重合開始剤としての4-4'ビス[ジ(βヒドロキシエトキシ)フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド-ビス-ヘキサフルオロアンチモネートを2重量部配合した光導波路コア部用材料を硬化後の厚さが例えば30 μ m程度となるように塗布して有機材料層12aを形成する。

【0047】次に、例えばストライプ状の開口を有するフォトマスク21を介して有機材料層12aに対して紫外線UVを照射する。具体的には、例えば、フォトマスク21を有機材料層12a上に有機材料層12aと接触しないように位置合わせして配置し、フォトマスク21側から有機材料層12aに向けて紫外線UVを照射する。紫外線UVの照射は、例えば、超高压水銀ランプを用いて20~200mW/cm²の出力で5~120秒間行う。これにより、図1(E)に示したように、有機材料層12aのフォトマスク21の開口に対応する部分12a1では、有機材料層12aを構成する光導波路コア部用材料が硬化する。

【0048】このとき、クラッド部11を形成する場合

10

20

30

40

50

と同様の理由により、小さな露光エネルギーで硬化することができると共に、材料の架橋密度を高めることができる。

【0049】ここでは、未硬化の有機材料層12aとフォトマスク21とが密着した状態で紫外線を照射すると、有機材料層12aとフォトマスク21とが接着してしまうため、上述したようにフォトマスク21を有機材料層12aと接触しないように配置する必要がある。このような方法としては、例えば、マスクと被露光体との間に100μm程度のギャップを設けて露光を行うプロキシミティ露光法や、マスクと被露光体とを離間させて、光学的に結像させて露光を行う投影露光法などがある。

【0050】次に、紫外線UVを照射してから所定の時間が経過したのち、フォトマスク21により紫外線UVが照射されず、未硬化状態の部分12a2を、例えばアセトンにより溶解除去する。このとき、クラッド部11および有機材料層12aの硬化した部分の架橋密度が高くなっているため、これらの領域が溶解する可能性は少ない。ここで、アセトンが本発明の「現像液」の一具体例に対応している。現像液としては、アセトン以外に、例えば酸性溶液あるいはアルカリ性溶液を用いることが可能であるが、有機材料層12aの未硬化状態の部分12a2に対する溶解性に優れ、硬化した部分（すなわち、フォトマスク21の開口に対応する部分12a1）に与える影響が少ないアセトンを用いることが好ましい。また、アセトンは、毒性が低く、沸点も低いので、全般的に取り扱いやすいという利点も有している。

【0051】次に、リンス液として例えばイソプロピルアルコールを用いて有機材料層12aを洗浄し、有機材料層12aの内部に浸透して有機材料層12aを膨潤させているアセトンを除去する。これにより、図1(F)に示したように、例えば平面形状が帯状であり、屈折率が1.56程度の複数の光導波路のコア部12が形成される。リンス液としてイソプロピルアルコールを用いるのは、コア部12がほとんど侵されず、現像液であるアセトンと相溶しやすいので、有機材料層12aの未硬化部分を完全に除去することができると共に、硬化部分（すなわち、コア部12）をほぼ完全な形で残して基板10の上面にゴミを残すことなく仕上げるからである。

【0052】最後に、図1(G)に示したように、クラッド部11の露出面およびコア部12上に、例えば、クラッド部11と同様の材料を用いて、クラッド部11と同様の方法により、クラッド部13を形成し、コア部12とクラッド部11、13とからなる埋め込み型の光導波路を完成させる。

【0053】このようにして製造された光導波路では、一端面に光信号が入射すると、この光信号は内部を伝搬し、他端面から出射する。

【0054】このように本実施の形態では、光導波路用材料が、連鎖反応において繰返し反応性に優れたオキセタン化合物と活性種生成反応（開始）性に優れたオキシラン化合物とを含んでいるので、この光導波路用材料を露光すると、エポキシ樹脂を露光する場合よりも小さい露光エネルギーであっても、迅速に硬化する。すなわち、照射強度が一定であれば短時間で硬化し、照射時間が一定であれば小さな照射強度で硬化する。よって、光導波路の生産効率が向上する。

【0055】また、オキセタン化合物は繰返し反応性に優れていることから、光導波路用材料の架橋密度を高めることができ、有機材料層12aの硬化した領域およびクラッド部11の機械的強度および耐溶剤性が向上する。よって、これらの領域が溶解することなく、所望の形状のコア部12およびクラッド部11を形成することができる。

【0056】更に、オキセタン化合物とアキシラン化合物とは互いに相溶性に優れており、各化合物の屈折率が安定して硬化後の屈折率に反映されるために、コア部12およびクラッド部11、13の屈折率を制御することができる。光伝搬損失の少ない光導波路を形成することができる。

【0057】

【実施例】更に、本発明の具体的な実施例について詳細に説明する。

【0058】（実施例1～実施例10）まず、以下に示すオキセタン化合物、オキシラン化合物およびカチオン重合開始剤を用意した。すなわち、図2に示したように、オキセタン化合物としては、ジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテル（東亜合成社製；品名DOX）、キシレンジオキセタン（東亜合成社製；品名XD0）、フェノールノボラックオキセタン（東亜合成社製）またはオキセタニルシルセスキオキセタン（東亜合成社製；品名OXSQ）を用意した。

【0059】オキシラン化合物としては、リモネンジオキサイド（ダイセル化学社製；品名セロキサイド3000）、多官能脂肪族環状エポキシ樹脂（ダイセル化学社製；品名EHPE3150）、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とビスフェノールF型エポキシ樹脂との混合物（混合比約1:1）（東都化成社製；品名エポトートZX1059）、ビスフェノールA型エポキシ樹脂（油化シェル社製；品名エピコート828）または二官能脂肪族環状エポキシ樹脂（ダイセル化学社製；品名セロキサイド2021P）を用意した。

【0060】また、カチオン重合開始剤としては、4-4'ビス[ジ(βヒドロキシエトキシ)フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド-ビス-ヘキサフルオロアンチモネート（旭電化社製；品名SP170）を用意した。

【0061】これらの材料の25℃におけるナトリウムD線に対する屈折率を図2に示す。

【0062】次に、実施例1～10として、まず、オキセタン化合物、オキシラン化合物およびカチオン重合開始剤を図3または図4に示した割合で変化させてそれぞれ混合し、90℃で2時間加熱して各光導波路用材料を得た。

【0063】なお、実施例1～10に対する比較例として、オキセタン化合物を混合せず、オキシラン化合物およびカチオン重合開始剤を図4に示した割合で変化させて混合し、90℃で2時間加熱して各光導波路用材料を得た。

【0064】このようにして得られた実施例1～10および比較例の各光導波路用材料について、以下のようにして耐溶剤性試験を行った。すなわち、ガラスプレート上に、スピコート法により（スピナ回転数3000rpmで30秒間）各光導波路用材料よりなる有機材料層をそれぞれ形成し、各光導波路用材料に対して超高圧水銀ランプを用いて24mW/cm²の出力で30秒間紫外線を照射し、有機材料層を硬化した。このとき、硬化した有機材料層の厚さは30μmであった。そのうち、硬化した各光導波路用材料をアセトン中に浸漬させ、膨潤するまでの時間を測定した。得られた結果を図3または図4に併せて示す。

【0065】図3および図4からも分かるように、オキセタン化合物を配合した実施例1～10の光導波路用材料を紫外線照射により硬化させたものは、耐溶剤性に優れていた。特に、ジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテルを50重量部以上配合した実施例1および実施例2の光導波路用材料は、膨潤するまでの時間が比較例よりも6.5倍以上長くなることが分かった。

【0066】また、得られた各光導波路用材料について、硬化性試験を行った。硬化性試験では、2枚のポリエチレンテレフタレート（PET; Polyethylene Terephthalate）フィルムの間に、各光導波路用材料を挟み込んで有機材料層を形成した。このとき、PETフィルム間のギャップを調整することにより、有機材料層の厚さを100μmとした。そのうち、一方のPETフィルム側から有機材料層に対して、メタルハライドランプを用いて24mW/cm²の出力で30秒間紫外線を照射し、有機材料層を硬化した。このうち、1時間放置し、PETフィルムを剥がして、手指で有機材料層に触れ、硬化した有機材料層の状態を調べた。得られた結果を図3または図4に併せて示す。ここでは、有機材料層のPETフィルムと接していた両面共にタックがなかった場合は「○」、紫外線が照射された方の面のみにタックがなかった場合は「△」、両面共にタックが存在した場合は「×」と記した。

【0067】図3および図4からも分かるように、実施例1～8においては、有機材料層のPETフィルムと接していた両面共にタックが認められず、硬化性に優れて

いた。また、実施例9～10および比較例においては、紫外線が照射された方の面にはタックが認められなかったが、その逆の面にはタックが認められ、実施例1～8よりも硬化性にやや劣っていた。

【0068】更に、得られた各光導波路用材料について、25℃におけるナトリウムのD線に対する屈折率を測定した。具体的には、まず、硬化性試験と同様に、2枚のPETフィルムの間に、厚さ100μmの各光導波路用材料を挟み込んで有機材料層を形成したのち、一方のPETフィルム側から有機材料層に対して、メタルハライドランプを用いて24mW/cm²の出力で30秒間紫外線を照射し、有機材料層を硬化した。このうち、24時間以上経過した後の屈折率を測定した。その結果を図3または図4に併せて示す。

【0069】実施例1および実施例8の光導波路用材料は、硬化後の屈折率がそれぞれ1.4962と0.5113と低く、クラッド部用の材料として好ましいことが分かった。また、その他の実施例の光導波路用材料は、硬化後の屈折率が1.53以上であり、コア部用の材料として好ましいことが分かった。

【0070】（実施例11）本実施例では、まず、キシレンジオキセタン10重量部、フェノールノボラックオキセタン20重量部、二官能脂肪族環状エポキシ樹脂30重量部、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とビスフェノールF型エポキシ樹脂との混合物20重量部、およびビスフェノールA型エポキシ樹脂20重量部を混合し、これらを溶解するために90℃で2時間加熱したのち、カチオン重合開始剤2重量部を配合し、更に、フィルタリングを行ってダストなどを除去することにより、光導波路コア部用材料を得た。なお、各材料は、実施例1～10で述べたものと同一の品名のものを用いた。

【0071】次に、ジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテル22重量部、オキセタニルシルセスキオキセタン13重量部、多官能脂肪族環状エポキシ樹脂35重量部、および二官能脂肪族環状エポキシ樹脂30重量部を混合し、90℃で2時間加熱したのち、カチオン重合開始剤2重量部を配合し、更に、フィルタリングを行ってダストなどを除去することにより、光導波路クラッド部用材料を得た。なお、各材料は、実施例1～10で述べたものと同一の品名のものを用いた。

【0072】次に、図1(A)に示したように、シリコンよりなる基板10を用意し、この基板10上の全面に、スピコート法により（スピナ回転数3000rpmで30秒間）、得られた光導波路クラッド部用材料よりなる有機材料層11aを形成した。そのうち、図1(B)に示したように、有機材料層11aに対して超高圧水銀ランプを用いて約25mW/cm²の出力で10秒間紫外線UVを照射し（すなわち、露光エネルギーは2500mJ/cm²）、有機材料層11aを硬化することによりクラッド部11を形成した（図1

(C))。このとき、クラッド部11の厚さは $30\mu\text{m}$ であった。また、 25°C におけるナトリウムのD線に対するクラッド部11の屈折率を測定したところ、1.510であった。

【0073】次に、図1(D)に示したように、クラッド部11上に、スピンコート法を用いて(スピナ回転数3000rpmで30秒間)、得られた光導波路コア部用材料を塗布することにより有機材料層12aを形成した。

【0074】次に、幅が $30\mu\text{m}$ のストライプ状の開口を有するフォトマスク21を基板11の表面から $100\mu\text{m}$ 離間するように配置し、このフォトマスク21を介して、超高圧水銀ランプを用いて有機材料層12aに対して約 $25\text{mW}/\text{cm}^2$ の出力で60秒間(すなわち、露光エネルギーは $1500\text{mJ}/\text{cm}^2$)紫外線UVを照射した(プロキシミティ露光法)。これにより、図1(E)に示したように、有機材料層12aのフォトマスクの開口に対応する部分12a1では、有機材料層12aを構成する光導波路コア部用材料が硬化した。なお、このとき、硬化した有機材料層12aの厚さは $30\mu\text{m}$ であった。また、 25°C におけるナトリウムのD線に対する屈折率を測定したところ1.563であり、クラッド部11との屈折率差が0.053であった。

【0075】紫外線UVを照射したのち、フォトマスク21により紫外線UVが照射されず、未硬化状態の部分12a2を、アセトンにより溶解除去した。続いて、イソプロピルアルコールを用いて有機材料層12a(12a1)を洗浄し、有機材料層12a(12a1)の内部に浸透しているアセトンを除去した。このようにして、図1(F)に示したように、平面形状が帯状である複数のコア部12を形成した。

【0076】次に、図1(G)に示したように、クラッド部11の露出面およびコア部12の上に、クラッド部11と同様の材料を用いて、クラッド部11と同様の方法によりクラッド部13を形成し、埋め込み型の光導波路を作製した。

【0077】(実施例12)幅が $50\mu\text{m}$ のストライプ状の開口を有するフォトマスク21(図1(D)参照)を用いて、幅 $50\mu\text{m}$ のコア部を形成したことを除き、他は実施例11と同様にして光導波路を作製した。

【0078】(実施例13)幅が $70\mu\text{m}$ のストライプ状の開口を有するフォトマスク21を用いて、幅 $70\mu\text{m}$ のコア部を形成したことを除き、他は実施例11と同様にして光導波路を作製した。

【0079】このようにして得られた実施例11~13の光導波路について、光伝搬損失に関する試験をそれぞれ行った。この試験は、波長 790nm および 650nm の半導体レーザを使用して、TE(Transverse Electric)モードおよびTM(Transverse Magnetic)モードにおける伝搬損失を、カットバック法(光導波路を徐々

に短くカットしながら、光導波路の出力パワーを測定する方法)により測定した。得られた結果を図5に示す。

【0080】なお、TEモードとは、光導波路の断面にのみ電界成分が存在し、光伝搬方向に磁界成分を有するモードである。また、TMモードとは、光導波路の断面にのみ磁界成分が存在し、光伝搬方向に電界成分を有するモードである。

【0081】図5からも分かるように、実施例11~13の光導波路は、TEモードおよびTMモードのいずれのモードにおいても、 $0.22\sim 0.37\text{dB}/\text{cm}$ の小さい値が得られ、エポキシ樹脂により形成された光導波路と同程度に光伝搬損失の少ない、良好なものであった。

【0082】以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および各実施例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態および各実施例では、エネルギービームとして、超高圧水銀ランプを光源とした紫外線UVを照射するようにしたが、紫外線UVの光源に水銀アークランプ、キセノンアークランプ、蛍光ランプ、炭素アークランプあるいはタンガスレーザーハロゲン複写ランプなどの他の光源を用いるようにしてもよい。また、X線、電子線あるいは日光などをエネルギービームとして照射するようにしてもよい。

【0083】また、上記実施の形態および各実施例では、コア部12とクラッド部11、13とからなる光導波路を作製する場合について説明したが、光導波路をコア部のみに構成する場合にも、本発明を適用することができる。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の光導波路用材料によれば、連鎖反応において繰返し反応性に優れたオキセタン環を有する第1の化合物と、連鎖反応による重合を開始させる第2の化合物とを含むように構成したので、連鎖反応時の重合性が高く、連鎖反応を迅速に進行させることができるという効果を奏する。また、架橋密度の高い、耐溶剤性に優れたポリマを得ることができるという効果を奏する。特に、請求項3記載の光導波路用材料によれば、連鎖反応において活性種生成反応性に優れたオキシラン環を有する第3の化合物を含むように構成したので、連鎖反応を迅速に進行させることができるという効果が大きくなる。

【0085】また、請求項10ないし請求項17のいずれか1項に記載の光導波路によれば、本発明の光導波路用材料を用いるようにしたので、機械的強度を大きくすることができるという効果を奏する。

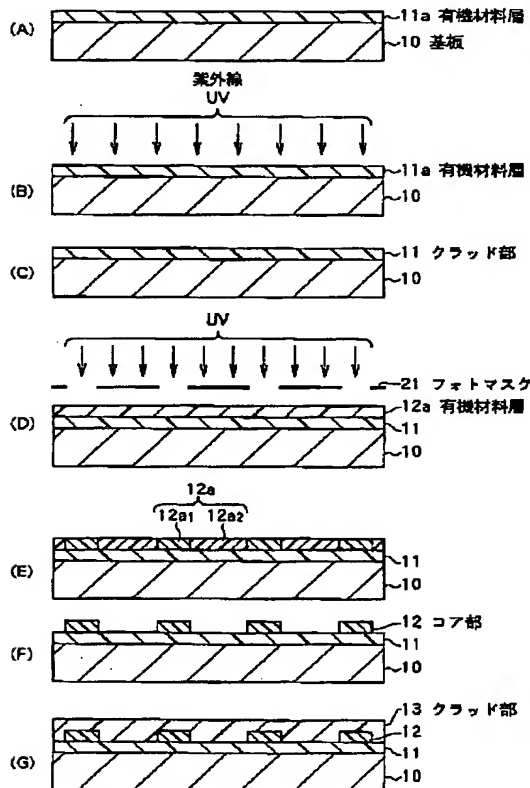
【0086】更に、請求項18ないし請求項25のいずれか1項に記載の光導波路の製造方法によれば、本発明の光導波路用材料を用いて有機材料層を形成するように

したので、その有機材料層のうちの選択露光された領域が、現像処理中に溶解する可能性が少なく、所望の形状の光導波路を形成することができるという効果を奏する。

【0087】また、請求項18ないし請求項25のいずれか1項に記載の光導波路の製造方法によれば、連鎖反応時の重合性が高いため、生産効率を向上させることができるという効果を奏する。特に、請求項19記載の光導波路の製造方法によれば、光導波路用材料が、連鎖反応において活性種生成反応性に優れたオキシラン環を有する第3の化合物を含んでいるので、その効果が大きくなる。

【0088】特に、請求項19記載の光導波路の製造方法によれば、互いに相溶性に優れた第1の化合物と第3の化合物とを含む光導波路用材料を用いるようにしたので、これらの化合物の屈折率が安定して硬化後の屈折率

【図1】



に反映される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る光導波路の製造方法を説明するための断面図である。

【図2】本発明の実施例1～13および比較例に係る光導波路用材料を構成する物質の屈折率を表す図である。

【図3】本発明の実施例1～6に係る測定結果を表す図である。

【図4】本発明の実施例7～10および比較例に係る測定結果を表す図である。

【図5】本発明の実施例11～13に係る測定結果を表す図である。

【符号の説明】

10…基板、11、13…クラッド部、11a、12a…有機材料層、12…コア部、21…フォトリソ、U…紫外線

【図2】

| 化合物の種類 | 材料の種類 | 屈折率 (25℃, D線) |
|---------------|--|------------------|
| オキシタン化合物 | ジ[1-エチル(3-オキシタン)] メチルエーテル | 1.4544 |
| | キシレンジオキシタン | 1.5102 |
| | フェノールノボラックオキシタン | 1.57程度 |
| | オキシタンシルセスキ オキシタン | 1.4787 |
| オキシラン化合物 | リモノジエポキシサイド | 1.4656 |
| | 多官能脂肪族環状エポキシ樹脂 | 1.47程度 |
| | ビスA型、ビスF型 エポキシ樹脂 | 1.5709 |
| | ビスA型エポキシ樹脂 | 1.5683 |
| カチオン 重合開始剤 | 二官能脂肪族環状エポキシ樹脂 | 1.4767 |
| | 4-4'ビス[ジ(βヒドロキシエーテル)] フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド ビス-ヘキサフルオロアンチモネート | 1.5049 |

【図5】

| 測定波長 (nm) | 伝搬 モード | 光伝達損失 (dB/cm) | | |
|--------------|-----------|---------------|----------|----------|
| | | コア幅30 μm | コア幅50 μm | コア幅70 μm |
| 790 | TEモード | 0.23 | 0.25 | 0.22 |
| | TMモード | 0.25 | 0.22 | 0.17 |
| 650 | TEモード | 0.34 | 0.37 | 0.33 |
| | TMモード | 0.30 | 0.38 | 0.30 |

【図3】

| | | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 | 実施例6 |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| オキセタン化合物 | ジ[1-エチル(3-オキセタニル)] メチルエーテル (重量部) | 70 | 60 | 30 | — | — | — |
| | キシレンジオキセタン (重量部) | — | — | — | 20 | 20 | — |
| | フェノールノボラックオキセタン (重量部) | — | — | — | 20 | 40 | 60 |
| | オキセタニルシルセスキ オキセタン (重量部) | — | — | — | — | — | — |
| オキシラン化合物 | リモネンジオキサイド (重量部) | — | — | — | — | — | — |
| | 多官能脂肪族環状エポキシ樹脂 (重量部) | 30 | — | — | — | — | — |
| | ビスA型、ビスF型 エポキシ樹脂 (重量部) | — | — | — | 30 | 10 | 20 |
| | ビスA型エポキシ樹脂 (重量部) | — | 50 | 70 | — | — | — |
| カチオン重合開始剤 | 二官能脂肪族環状エポキシ樹脂 (重量部) | — | — | — | 30 | 30 | 20 |
| | 4-4'ビス[ジ(βヒドロキシエトキシ) フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド- ビス-ヘキサフルオロアンチモネート (重量部) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 耐溶剤性 (秒) | 60以上 | 60以上 | 25 | 20 | 35 | 38 |
| | 硬化性 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 硬化後の屈折率 | | 1.4962 | 1.5361 | 1.5501 | 1.5604 | 1.5683 | 1.5802 |

【図4】

| | | 実施例7 | 実施例8 | 実施例9 | 実施例10 | 比較例 |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| オキセタン化合物 | ジ[1-エチル(3-オキセタニル)] メチルエーテル (重量部) | — | 15 | 10 | — | — |
| | キシレンジオキセタン (重量部) | — | — | — | 20 | — |
| | フェノールノボラックオキセタン (重量部) | 60 | — | — | 20 | — |
| | オキセタニルシルセスキ オキセタン (重量部) | — | 20 | — | — | — |
| オキシラン化合物 | リモネンジオキサイド (重量部) | — | — | — | — | 10 |
| | 多官能脂肪族環状エポキシ樹脂 (重量部) | — | 35 | 25 | — | 40 |
| | ビスA型、ビスF型 エポキシ樹脂 (重量部) | 20 | — | — | 30 | — |
| | ビスA型エポキシ樹脂 (重量部) | — | — | 30 | — | — |
| カチオン重合開始剤 | 二官能脂肪族環状エポキシ樹脂 (重量部) | 20 | 30 | 35 | 30 | 50 |
| | 4-4'ビス[ジ(βヒドロキシエトキシ) フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド- ビス-ヘキサフルオロアンチモネート (重量部) | 4 | 2 | 2 | 6 | 2 |
| | 耐溶剤性 (秒) | 43 | 40 | 10 | 20 | 5 |
| | 硬化性 | ○ | ○ | △ | △ | △ |
| 硬化後の屈折率 | | 1.5802 | 1.5113 | 1.5382 | 1.5607 | 1.5234 |

【手続補正書】

【提出日】平成11年7月23日(1999. 7. 2

3)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】まず、本発明の一実施の形態に係る光導波

路用材料について説明する。本実施の形態に係る光導波路用材料は、例えば25℃におけるナトリウムのD線に対する屈折率が1.45～1.61の範囲内の値である光導波路のコア部またはクラッド部を形成するために用いられるものであり、エネルギービームが照射されると、活性化して硬化する。この光導波路用材料は、化1に示した構造のオキセタン環を有するオキセタン化合物、化2に示した構造のオキシラン環を有するオキシラ

ン化合物、および連鎖反応による重合を開始させ得るカチオン重合開始剤を含んでいる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】光導波路用材料におけるオキシラン化合物とオキセタン化合物との配合比は、オキセタン化合物／オキシラン化合物＝ $1/9 \sim 7/3$ の範囲内であることが好ましい。また、 $3/7 \sim 7/3$ の範囲内であることがより好ましい。 $1/9$ よりも小さい場合には、材料が硬化しにくくなると共に耐溶剤性が悪くなるという不都合が生じ、 $7/3$ よりも大きい場合には、材料が硬化しにくくなるという不都合が生じるからである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正内容】

【0056】更に、オキセタン化合物とオキシラン化合物とは互いに相溶性に優れており、各化合物の屈折率が安定して硬化後の屈折率に反映されるために、コア部12およびクラッド部11、13の屈折率を制御することができ、光伝搬損失の少ない光導波路を形成することが

【手続補正書】

【提出日】平成12年6月9日（2000. 6. 9）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項14

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項14】 25℃におけるナトリウムのD線に対する前記光導波路用材料の屈折率が、1.45以上1.61以下の範囲内の値であることを特徴とする請求項10記載の光導波路。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】本発明による光導波路の製造方法は、内部を光信号が伝搬し得る光導波路の製造方法であって、支持基体上に、オキセタン環を有する第1の化合物と、連鎖反応による重合を開始させ得る第2の化合物とを含む光導波路用材料を用いて、有機材料層を形成する工程と、有機材料層に対してエネルギービームを選択的に照射することにより、この有機材料層を選択的に露光して

できる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

【0065】図3および図4からも分かるように、オキセタン化合物を配合した実施例1～10の光導波路用材料を紫外線照射により硬化させたものは、耐溶剤性に優れていた。特に、ジ[1-エチル(3-オキセタニル)]メチルエーテルを50重量部以上配合した実施例1および実施例2の光導波路用材料は、膨潤するまでの時間が比較例よりも1.2倍以上長くなることが分かった。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】実施例1および実施例8の光導波路用材料は、硬化後の屈折率がそれぞれ1.4962と1.5113と低く、クラッド部用の材料として好ましいことが分かった。また、その他の実施例の光導波路用材料は、硬化後の屈折率が1.53以上であり、コア部用の材料として好ましいことが分かった。

硬化させる工程と、有機材料層の未硬化部分を除去する現像処理により、光導波路を形成する工程とを含むようにしたものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】オキセタン化合物中のオキセタン環は、そのひずみがオキシラン環のひずみよりも小さいという特徴を有している。そのため、オキセタン環では、オキシラン環よりも酸素(O)に対して電子が集まりやすく、酸素と結合している炭素(C)の電子密度が小さい。従って、この炭素は、オキシラン環の酸素と結合している炭素に比べて、求核試薬による攻撃を受けやすい。すなわちオキセタン化合物では、成長末端(活性末端)に対してモノマが付加しやすい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正内容】

【0059】オキシラン化合物としては、リモノンジオキサイド（ダイセル化学社製；品名セロキサイド3000）、多官能脂肪族環状エポキシ樹脂（ダイセル化学社製；品名EHPE3150）、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とビスフェノールF型エポキシ樹脂との混合物（混合比約1：1）（東都化成社製；品名エポトートZX1059）、ビスフェノールA型エポキシ樹脂（油化シェル社製；品名エピコート828）または二官能脂肪族環状エポキシ樹脂（ダイセル化学社製；品名セロキサイド2021P）を用意した。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0066

【補正方法】変更

【補正内容】

【0066】また、得られた各光導波路用材料について、硬化性試験を行った。硬化性試験では、2枚のポリエチレンテレフタレート（PET；Polyethylene Terephthalate）フィルムの上に、各光導波路用材料を挟み込んで有機材料層を形成した。このとき、PETフィルム間のギャップを調整することにより、有機材料層の厚さを100 μ mとした。そのうち、一方のPETフィルム側から有機材料層に対して、メタルハライドランプを用いて24mW/cm²の出力で30秒間紫外線を照射し、有機材料層を硬化した。このうち、1時間放置し、PETフィルムを剥がして、手指で有機材料層に触れ、硬化した有機材料層の状態を調べた。得られた結果を図3または図4に併せて示す。ここでは、有機材料層のPETフィルムと接していた両面共にタックがなかった場合は「○」、紫外線が照射された方の面のみにタックがなかった場合は「△」と記した。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】次に、幅が30 μ mのストライプ状の開口を有するフォトマスク21をクラッド部11の表面から100 μ m離間するように配置し、このフォトマスク21を介して、超高圧水銀ランプを用いて有機材料層12aに対して約25mW/cm²の出力で60秒間（すなわち、露光エネルギーは1500mJ/cm²）紫外線

UVを照射した（プロキシミティ露光法）。これにより、図1（E）に示したように、有機材料層12aのフォトマスクの開口に対応する部分12a1では、有機材料層12aを構成する光導波路コア部用材料が硬化した。なお、このとき、硬化した有機材料層12aの厚さは30 μ mであった。また、25℃におけるナトリウムのD線に対する屈折率を測定したところ1.563であり、クラッド部11との屈折率差が0.053であった。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0081

【補正方法】変更

【補正内容】

【0081】図5からも分かるように、実施例11～13の光導波路は、TEモードおよびTMモードのいずれのモードにおいても、0.17～0.37dB/cmの小さい値が得られ、エポキシ樹脂により形成された光導波路と同等程度に光伝搬損失の少ない、良好なものであった。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0082

【補正方法】変更

【補正内容】

【0082】以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および各実施例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態および各実施例では、エネルギービームとして、超高圧水銀ランプを光源とした紫外線UVを照射するようにしたが、紫外線UVの光源に水銀アークランプ、キセノンアークランプ、蛍光ランプ、炭素アークランプあるいはタングステンハロゲン輻射ランプなどの他の光源を用いるようにしてもよい。また、X線、電子線あるいは日光などをエネルギービームとして照射するようにしてもよい。

【手続補正9】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】

| | | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 | 実施例6 |
|---------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| オキセタン 化合物 | ジ[1-エチル(3-オキセタニル)] メチルエーテル (重量部) | 70 | 50 | 30 | — | — | — |
| | キシレンジオキセタン (重量部) | — | — | — | 20 | 20 | — |
| | フェノールノボラックオキセタン (重量部) | — | — | — | 20 | 40 | 60 |
| | オキセタニルシルセスキ オキセタン (重量部) | — | — | — | — | — | — |
| オキシラン 化合物 | リモネンジオキサイド (重量部) | — | — | — | — | — | — |
| | 多官能脂肪族環状エポキシ樹脂 (重量部) | 30 | — | — | — | — | — |
| | ビスA型ビスF型 エポキシ樹脂 (重量部) | — | — | — | 30 | 10 | 20 |
| | ビスA型エポキシ樹脂 (重量部) | — | 50 | 70 | — | — | — |
| | 二官能脂肪族環状エポキシ樹脂 (重量部) | — | — | — | 30 | 30 | 20 |
| カチオン 重合開始剤 | 4-ギビス[2-(βヒドロキシエトキシ) フェニルスルフォニオ]フェニルスルフィド- ビス-ヘキサフルオロアンチモネート (重量部) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 耐溶剤性 (秒) | 60以上 | 60以上 | 25 | 20 | 35 | 38 |
| | 硬化性 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 硬化後の屈折率 | 1.4962 | 1.5361 | 1.5501 | 1.5604 | 1.5693 | 1.5802 |

フロントページの続き

(72)発明者 林 宏三郎

栃木県鹿沼市さつき町12-3 ソニーケミ
カル株式会社第2工場内

(72)発明者 五百川 康子

栃木県鹿沼市さつき町12-3 ソニーケミ
カル株式会社第2工場内

Fターム(参考) 2H047 KA04 PA02 PA15 PA22 PA28

QA05 QA07 TA00 TA42

4J005 AA04 AA07 BA00